Internationale Hygiene-Ausstellung
Dresden 1911
Gruppe: Ernährung
Gebäude No. 56

Tracts B 277

Stoffwechsel der Pflanze und des Tieres

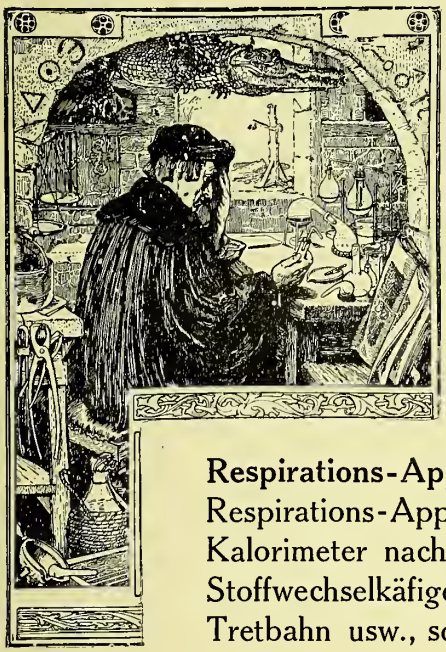
dargestellt von Prof. Dr. Emil Abderhalden, Berlin

Internationale Hygiene-Ausstellung
Dresden 1911

Gruppe: Ernährung Gebäude No. 56

Stoffwechsel der Pflanze und des Tieres

dargestellt von **Prof. Dr. Emil Abderhalden, Berlin.**



Die für

Stoffwechsel-Untersuchungen

benötigten
und zur Ausstellung
gelangten

APPARATE

wie

Respirations-Apparat nach Pettenkofer
Respirations-Apparat nach Regnault-Reiset
Kalorimeter nach Rubner
Stoffwechselkäfige
Tretbahn usw., sowie die

Apparate zur Untersuchung der Nahrungsstoffe

sind hergestellt von den

Vereinigten Fabriken für Laboratoriums-Bedarf G. m. b. H.

Scharnhorststr. 22 **BERLIN N.** Scharnhorststr. 22

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b22418787

Stoffwechsel der Pflanze und des Tieres

dargestellt von

Professor Dr. med. **Emil Abderhalden,** Direktor des physiologischen Institutes der Tierärztlichen Hochschule, Berlin.

Der Stoffwechsel des Tier- und Pflanzenreiches ist in Form der von den verschiedenen Organismen gebildeten Stoffe dargestellt. Wir beginnen mit dem Pflanzenreich und verfolgen die Bildung der mannigfaltigsten Produkte aus einigen wenigen Grundstoffen. All diese Substanzen übernimmt das Tier und formt aus ihnen diejenigen Verbindungen, die seine Zellen, seine Organe und damit seinen Körper aufbauen. Ein tiefgehender Umbau ist nötig, bis die Stoffe der Pflanzenwelt geeignet sind, als Bausteine tierischer Zellen die ihnen zugeteilten Aufgaben zu erfüllen. Die Prozesse, die dieser Ueberführung dienen, sind in den einzelnen Phasen dargestellt. Eine große Reihe von Präparaten gibt einen Einblick in die von den verschiedenartigen Zellen tierischer Gewebe gebildeten Stoffe. Wir sehen, wie die einzelne Zelle aufbaut, wie sie ferner abbaut und endlich durch Verbrennung die in den aufgenommenen Stoffen enthaltene Energie sich nutzbar macht. Die Stoffwechsel-Endprodukte des tierischen Organismus dienen der Pflanze wieder als Grundsubstanzen zum Aufbau ihrer Körperstoffe. Ein Kreislauf der Stoffe von Pflanze zu Tier und von Tier zu Pflanze entrollt sich vor unseren Augen.

Die vergleichende Betrachtung der einzelnen Körperbestandteile des Pflanzen- und Tierorganismus gibt uns ein klares Bild der Stoffwechselprozesse in den einzelnen Zellen. Wir verfolgen die einzelnen Stoffe von ihrer Entstehung im Pflanzenreich, ihrer Umwandlung im tierischen Organismus bis zu ihrem Abbau von Stufe zu Stufe, bis zur Bildung der Stoffwechsel-Endprodukte. Diese Feststellungen genügen uns nicht. Wir möchten gerne erfahren, in welchen Mengenverhältnissen die einzelnen Stoffe unter verschiedenen Bedingungen verbraucht werden. Wir können einmal die Stoffwechsel-Endprodukte genau bestimmen, und zwar nach Art und Menge. In Betracht kommen beim Menschen und beim Säugetier die Ausscheidungen durch den Darm, den Harn und die Lungen. Diesen Ausgaben des Organismus stellen wir die Einnahmen gegenüber, d. h. wir bestimmen genau die Art und Menge der aufgenommenen Nahrung. Besondere Apparate dienen zum quantitativen Auffangen von Urin und Kot, wieder andere gestatten auch eine exakte Bestimmung der gasförmigen Einnahmen (Sauerstoff) und Ausgaben (Kohlensäure) (Gasstoffwechsel).

Die Pflanze hat beim Aufbau ihrer Stoffe mit Hilfe der Sonnenenergie Energie aufgespeichert. Diese kommt bei der Verbrennung der organischen Stoffe in den Zellen des tierischen Organismus (und auch im Pflanzenorganismus!) wieder zum Vorschein. Der Zelle dient sie zur Leistung von Arbeit und zur Erzeugung von Wärme. Wir können die mit der Nahrung aufgenommene Energie der vom Körper abgegebenen gegenüberstellen. Zur Bestimmung des Energiestoffwechsels dienen die sogenannten Kalorimeter.

Diese einleitenden Worte geben den Plan wieder, der der ganzen Darstellung zu Grunde liegt. Am besten beginnen wir mit der Betrachtung der

Leistungen des Pflanzenorganismus.

Wir prägen uns die **Nahrungsstoffe der Pflanze** (1)*): **Kohlensäure, Wasser, Salze** und als Stickstoffquelle **Salpeter** ein und verfolgen nun die aus diesen Grundstoffen hervorgehenden Verbindungen. Aus Kohlensäure und Wasser bildet die Pflanze höchst wahrscheinlich zunächst **Formaldehyd** (2). Dieser kondensiert sich zu **Kohlehydraten** (3) und von dieser Gruppe aus nehmen dann die verschiedenartigsten Stoffe ihren Ursprung. Andere entstehen auch direkt. Die Zahl der verschiedenartigen Kohlehydrate ist eine ungeheure. Wir nennen nur Stärke, Zellulose, Rohrzucker, Traubenzucker, Fruchtzucker usw.

Nahe verwandt mit diesen sind die **Glukoside** (4). Dann folgen Vertreter der **Fette und Oele** (5), der **Phosphatide** (6), der **Sterine** (7), der **Eiweißkörper** (8), der **Säureamide** (9), der **Betaine** (10), der **Nukleoproteide** (11). Weiterhin begegnen wir Vertretern der Gruppe der **Alkohole** (12) (der aliphatischen und aromatischen Reihe), der **Säuren** (13) (aliphatische und aromatische), der **Phenole** (14), der **Gerbstoffe** (15), der **Terpene,** des **Kampfers** (16), der **ätherischen Oele** (17), der **Riechstoffe** (18), der **schwefelhaltigen Verbindungen** (19), der **Alkaloide** (20), der **Saponine** (21), der **Bitterstoffe** (22), der **Flechtenstoffe** (23), der **Farbstoffe** (24), der **Harze** (25), des **Kautschuks** (26) und der **Fermente** (27).

Die Pflanze baut nicht nur auf, auch sie hat einen mehr oder weniger tiefgreifenden **Stoffwechsel,** genau so wie das Tier.

In der folgenden Gruppe sind Beispiele des **Stoffwechsels der Pflanzen** dargestellt. Die Pflanze bildet aus dem Reservekohlehydrat Stärke z. B. Zellulose. Um diese Umwandlung zu vollziehen, baut die Pflanzenzelle die Stärke über Dextrin zu Traubenzucker ab, um aus diesem dann wieder über Dextrin die Zellulose zu bilden (28).

Einen ganz analogen Abbau finden wir auch bei den Fetten. Beim Uebergang einer Fettart in eine andere geht dem Umbau ein Abbau zu den einzelnen Bausteinen voraus. Diesem folgt der Aufbau zum neuen Fett (29). Die Pflanze kann aber auch aus Vertretern einer bestimmten Gruppe von Stoffen solche ganz anderer Art aufbauen. So kann sie z. B. aus Stärke Fett bilden und umgekehrt. Auch hier geht dem Umbau eine Zerlegung des kompliziert gebauten Grundstoffes in die indifferenten Bausteine voraus (30). Ganz analoge Erscheinungen finden wir auch bei den Phosphatiden (31), bei den Eiweißstoffen (32) und den Nukleoproteiden (33).

Mit dieser Gruppe schließt das Gebiet „Leistungen des Pflanzenreichs“ ab, und es beginnt die Darstellung der

Leistungen des tierischen Organismus.

Eine Gruppe (34) von **Pflanzenfressern** (Kaninchen, Hamster und Taube) soll zum Ausdruck bringen, **daß die Tierwelt von der Pflanzenwelt abhängig ist.** Sie bezieht ihre gesamte Nahrung in letzter Linie aus dem Pflanzenreich. Auch der Fleischfresser ist auf die Pflanzenwelt angewiesen, denn er verzehrt Tiere, die ihren Körper aus Pflanzenstoffen aufgebaut haben. Gruppe 35 zeigt Vertreter der **Pflanzen- und Fleischnahrung** in Form von **Nahrungsmitteln** (Heu, Fleisch), dann folgen die Nahrungsstoffe (36) selbst. Wir unterscheiden **anorganische Nahrungsstoffe** (Sauerstoff, Wasser, Salze) und **organische Nahrungsstoffe** (Kohlehydrate, Fette, Phosphatide, Eiweißstoffe, Nukleoproteide).

Die Zusammensetzung der gesamten organischen Nahrungsstoffe ist in der folgenden Gruppe dargestellt, und zwar ist bei jedem einzelnen Nahrungsstoff angegeben, aus welchen Bausteinen er sich aufbaut. Die **Kohlehydrate** (37), Zellulose, Stärke usw., zerfallen beim Abbau über Dextrin in Traubenzucker. Der Rohrzucker (38) liefert Traubenzucker und Laevulose. Diese beiden Zuckerarten (39) finden sich auch als solche im Pflanzenreich.

*) Diese Nummern decken sich mit den Zahlen, die bei den einzelnen Präparaten angebracht sind.

Das Glykogen (40), das typische Reservekohlehydrat des tierischen Organismus, zerfällt über die gleichen Abbaustufen, wie die Stärke und Zellulose, in Traubenzucker. Der Milchzucker (41), das typische Kohlehydrat der Milch, liefert Traubenzucker und Galaktose.

Die **Fette** zerfallen in Fettsäuren und Alkohole (42). Die **Phosphatide** (43) ergeben beim Abbau Fettsäuren, Alkohol, Phosphorsäure und stickstoffhaltige Basen. Einen Baustein für sich stellt das **Cholesterin** (44) dar. Eine komplizierte Zusammensetzung zeigen die **Eiweißstoffe** (45). Sie liefern beim Abbau zunächst Peptone. Aus diesen konnte eine große Anzahl von Polypeptiden gewonnen werden. Alle bis jetzt erhaltenen Polypeptide befinden sich in dieser Gruppe und ebenso alle einfachsten Bausteine der Eiweißstoffe, die Aminosäuren.

Als letzte Gruppe von Nahrungsstoffen folgen die **Nukleoproteide** (46). Sie ergeben beim Abbau zunächst Nuklein und Eiweiß. Das Nuklein liefert wiederum Eiweiß und Nukleinsäuren. Diese letzteren zerfallen dann stufenweise bis zu Purinbasen, Pyrimidinbasen, Kohlehydrat und Phosphorsäure. Als Zwischenprodukte des Abbaus treten die Nukleoside*) auf. Damit schließt die Darstellung des Aufbaus der Nahrungsstoffe, und es folgt nun diejenige des Abbaus all dieser Stoffe im tierischen Organismus.

Die **Nahrungsstoffe gelangen zunächst durch die Mundhöhle in den Magendarmkanal.** Sie erleiden hier eine tiefgehende Spaltung. In der **Mundhöhle** wirkt der Speichel mit seinen Fermenten ein (47). Verdaut werden nur die komplizierten Kohlehydrate. Stärke wird über Maltose in Traubenzucker zerlegt. (Präparat 1 demonstriert das Auftreten des Traubenzuckers, Auftreten reduzierender Produkte; Präparat 2 zeigt das Verschwinden der Stärke [Verschwinden der Jodreaktion]). Im **Magen** (48) werden die Eiweißstoffe angegriffen. Das Labferment bringt die Milch zur Gerinnung. Die Pepsinsalzsäure führt die Eiweißkörper in Peptone über. Die ersten Präparate dieser Gruppe stellen dar, daß Eiweiß durch tierische Membranen nicht hindurch diffundiert. Sobald jedoch die Umwandlung in Peptone einsetzt, lassen sich diese in der Außenflüssigkeit feststellen (Biuretreaktion). Dann folgt die Darstellung der Auflösung eines hartgesottenen Eies und die allmähliche Lösung verschiedener Eiweißkörper durch Magensaft. Hieran reiht sich der Mageninhalt von Hunden, die verschieden lange Zeit vor dem Tode Fleisch und Kartoffeln erhalten hatten.

Viel eingehender ist der Abbau der Nahrungsstoffe im **Darmkanal** (49). Unter dem Einfluß der Fermente der Bauchspeicheldrüse und der Darmwand werden die Kohlehydrate vollständig gespalten, ebenso die Fette und die Eiweißstoffe. Das Aussehen des Darminhalts im Laufe der Verdauung demonstrieren zwei Präparate. Ferner finden sich aus Darminhalt gewonnene Aminosäuren.

In der folgenden Abteilung erhalten wir einen Einblick in den **Abbau der einzelnen Nahrungsstoffe im Magendarmkanal** (50). In der ersten Reihe (vorn am Tisch) finden wir diejenigen Stoffe, die beim Abbau der einzelnen Nahrungsstoffe durch die Fermente des Magendarmkanals entstehen. Die Kohlehydrate zerfallen in die einfachsten Bausteine und ebenso die Fette, Phosphatide, Eiweißstoffe und Nukleoproteide (vergl. hierzu die Gruppe: Zusammensetzung der Nahrungsstoffe 37—46). Bei jedem einzelnen Nahrungsstoff findet sich auch eine Darstellung der Zwischenstufen, über welche der Abbau bis zu den Bausteinen erfolgt.

In der folgenden großen Gruppe wird dargestellt, **welch gewaltige Umwandlungen notwendig sind, ehe der tierische Organismus aus den aufgenommenen Nahrungsstoffen seine eigenen Körperbestandteile gebildet hat.** In den einzelnen Gruppen sind jedesmal die Pflanzenstoffe den entsprechenden tierischen Stoffen gegenübergestellt.

Gruppe 51 zeigt typische Vertreter von **pflanzlichen** und **tierischen Kohlehydraten.** Dann folgen (52) **Vertreter der Fette des Tier- und Pflanzenreichs.** Hieran schließt sich eine analoge Vergleichung von **Vertretern der Eiweißstoffe.** Es sei die Aufmerksamkeit besonders auf die Gruppe der Hornsubstanzen gelenkt. Alle diese Stoffe bildet z. B. der Säugling aus den „gelösten" Eiweißstoffen der Milch.

*) Die Nukleoside sind von Herrn Dr. Levene, New-York, dargestellt.

Die folgende Gruppe zeigt **Eiweißstoffe von wirbellosen Tieren** (54).

Um zu zeigen, welch außerordentlich eingreifender Umbau die Bildung eines Eiweißkörpers aus einem anderen im tierischen Organismus (und auch im pflanzlichen Organismus, wo die Verhältnisse ganz analog sind) erfordert, sind für einige Eiweißstoffe der Pflanzen- und Tierwelt die aus je 500 g Eiweiß gewonnenen Mengen an einzelnen Aminosäuren aufgestellt. Ein Blick auf diese Präparate zeigt sofort, daß zwar die einzelnen Bausteine mit wenig Ausnahmen stets wiederkehren, dagegen ergeben sich große Unterschiede in den Mengenverhältnissen.

Die Gruppe 56 zeigt die aus der **Muskelsubstanz einer 3000 Jahre alten ägyptischen Mumie** gewonnenen Aminosäuren.

Die Gruppe 57 stellt die **Bausteine (Aminosäuren) der Seide** dar.

Nun folgen die vom tierischen Organismus in den einzelnen **Organen gebildeten Stoffe.** Gruppe 58 stellt die **Bestandteile der Galle** dar, einmal die Gallensäuren mit ihren Abbaustufen*) und dann die Gallenfarbstoffe. Ferner finden wir noch Cholesterin und Lecithin. In der Galle bilden sich ab und zu sogenannte Gallensteine. Mit dem Gallenfarbstoff nahe verwandt ist das Hämatin, ein Bestandteil des Blutfarbstoffes.

In Gruppe 59 ist der **Abbau des Hämoglobins** bis zum Gallenfarbstoff in allen Zwischenstufen dargestellt. 100 g Oxyhämoglobin liefern 96 g Globin und 4 g Hämatin. Dann folgen einige Vertreter **tierischer Farbstoffe** (60). Ganz eigenartige Bausteine besitzt das **Nervengewebe** (62). Besonders interessant sind die mannigfaltigen **Phosphatide** und **Cerebroside****). Auch die **Milch** weist besondere Stoffe auf (61). Casein und Milchzucker finden wir im tierischen Organismus sonst nicht. Gruppe 63 zeigt das von den **Nebennieren** gelieferte Suprarenin, das seiner eigenartigen Wirkung wegen (Verengung der Blutgefäße, Erhöhung des Blutdrucks) in der Medizin eine sehr große Bedeutung erlangt hat. Die Gruppe 64 zeigt Stoffe, die dem **Muskelstoffwechsel** entstammen. Dann folgt (65) eine Gruppe von einigen **tierischen Giften** (Brillenschlangengift) und einigen **Toxinen.** Hieran schließen sich die **wichtigsten Fermente der tierischen Zellen.** In Gruppe 67 ist der Nachweis von eiweißspaltenden Fermenten in den Organen selbst geführt. Die betreffenden Organe, Niere, Leber, sind ganz frisch in eine Seidenpeptonlösung gelegt worden. Bei der Spaltung des Peptons ist Tyrosin, eine schwer lösliche Aminosäure, abgespalten worden. Sie hat sich in Form von weißen Kristallen auf den Organen niedergeschlagen.

Die folgende große Abteilung (68) umfaßt die **Stoffwechsel-Endprodukte.** Aus den Kohlehydraten und Fetten gehen schließlich Kohlensäure und Wasser hervor. Die Eiweißstoffe liefern beim Menschen, bei den Säugetieren, Amphibien und Fischen schließlich Ammoniak, Harnstoff, Kohlensäure und Wasser. Bei den Vögeln und Reptilien tritt an Stelle des Harnstoffs Harnsäure. Die Nukleoproteide stehen in direkter Beziehung zur Bildung der Harnsäure und des Allantoins. Die Purinbasen werden direkt zu Harnsäure abgebaut und diese liefert dann das Allantoin.

Gruppe 69 stellt die **Chemie der Harnsäure*****) dar.

Die vom tierischen Organismus nach außen **abgegebenen Stoffwechsel-Endprodukte** sind in Gruppe 70 dargestellt. Durch die Lunge wird abgegeben die Kohlensäure, durch die Nieren der Harn und durch den Darm der Kot. In Gruppe 71 sind die **wichtigsten Bestandteile des Harns** aufgestellt. Dann folgen (72) Bestandteile des Harns, welche nur bei bestimmten **Stoffwechselstörungen** (Zuckerharnruhr, Alkaptonurie) auftreten. Gruppe 73 stellt den **Kot** eines Pflanzenfressers, eines Fleischfressers nnd eines gemischte Kost Genießenden dar.

Die vom tierischen Organismus abgegebenen flüssigen und festen Stoffwechsel-Endprodukte gelangen nunmehr in den Boden (74). Die Kohlensäure wird an die Luft zurück-

*) Einen Teil der ausgestellten Präparate verdanke ich der Güte des Herrn Prof. Dr. Pregl, Innsbruck.
**) Diese sind von Herrn Prof. Dr. S. Fraenkel, Wien, dargestellt.
***) Die Firma Böhringer & Söhne, Mannheim, hat diesen Teil der Ausstellung ausgeführt.

gegeben. Im Ackerboden wandeln Bakterien die stickstoffhaltigen Bestandteile des Harns und des Kotes schließlich in Salpetersäure (Salpeter) (75), den Phosphor in Phosphorsäure, den Schwefel in Schwefelsäure um. In dieser Form nimmt die Pflanzenwelt die vom tierischen Organismus abgegebenen Stoffe auf und bildet daraus ihre Bestandteile von neuem. Damit ist der gesamte Kreislauf geschlossen. Das Tier entnimmt die zu seiner Erhaltung nötigen Stoffe der Pflanzenwelt, baut diese um, benutzt sie zum Aufbau seiner Zellen und zur Bestreitung seines Energiestoffwechsels. Die bei dieser Umwandlung übrig bleibenden Stoffwechsel-Endprodukte nimmt dann die Pflanze wieder auf und damit beginnt der Kreislauf von neuem.

In diesen Kreislauf hat der Mensch mit seiner Kultur eine große Lücke gerissen, indem er beständig große Mengen von gebundenem Stickstoff in Freiheit setzt. Diesen kann die Pflanze im allgemeinen nicht verwerten. Nur die **Wurzelbakterien** (76), welche in Gemeinschaft mit verschiedenen Leguminosearten leben, und einige frei im Boden lebende Bakterien können freien Stickstoff verwenden. Die große Gefahr einer Verarmung des Bodens an gebundenem Stickstoff ist neuerdings durch unermüdliche Forscherarbeit beseitigt worden. Es ist geglückt, **den freien Stickstoff der Luft durch mehrere Verfahren zu binden.** Eine dieser Methoden, die Bindung von freiem Stickstoff durch Calciumcarbid, zeigt die Gruppe 77. Außerdem wird freier Stickstoff der Luft durch den elektrischen Flammenbogen in Salpetersäure übergeführt. Endlich können Stickstoff und Wasserstoff direkt zu Ammoniak vereinigt werden.

Die im vorhergehenden geschilderte Darstellung des Kreislaufs der Stoffe zeigt die **chemischen Umsetzungen im Tier- und Pflanzenreich in qualitativer Beziehung.** Der Forscher will jedoch, wie schon eingangs betont wurde, nicht nur wissen, wie die einzelnen Stoffe umgebaut und schließlich abgebaut werden, sondern er wünscht auch Einblick zu erhalten in die Mengenverhältnisse, in denen die einzelnen Stoffe unter verschiedenen Bedingungen abgebaut werden.

Zu derartigen Untersuchungen sind besondere Apparate notwendig, von denen die hauptsächlichsten im Innern des hufeisenförmig angeordneten Tisches aufgestellt sind.

In der Beschreibung dieser Apparate folgen wir den Angaben von Johansson in dem von Abderhalden herausgegebenen Handbuche der biochemischen Arbeitsmethoden (Berlin und Wien 1910 bei Urban & Schwarzenberg).

Die Apparate 78—81 dienen dazu, den **Stickstoff-Stoffwechsel** (Eiweißstoffwechsel) von Tieren zu verfolgen. In den Käfigen, sogenannten **Stoffwechselkäfigen** (78, 79, 80), werden Tiere, wie Hunde, Kaninchen usw., untergebracht. Die Käfige bestehen aus einem starken, verzinkten Eisenrahmen mit Glaswänden und großer Tür. Der Boden wird entweder von Gitterstäben oder von einem mit kreisförmigen Löchern durchstanzten, herausnehmbaren Blech gebildet. Unter diesem Boden befindet sich ein zweiter aus verzinktem Eisenblech, welcher trichterförmig zum Abflußrohr für den Harn verläuft. Den oberen Abschluß des Käfigs bildet ein Aufsatz aus verzinkten Gitterstäben (Abbildung Seite 8).

Die in diesen Käfigen zu Versuchszwecken untergebrachten Tiere erhalten eine genau analysierte Nahrung. Der Kot wird quantitativ auf dem ersten (Gitter-) Boden gesammelt, der Harn gelangt zum zweiten Boden und durch das Abflußrohr in ein graduiertes Meßgefäß.

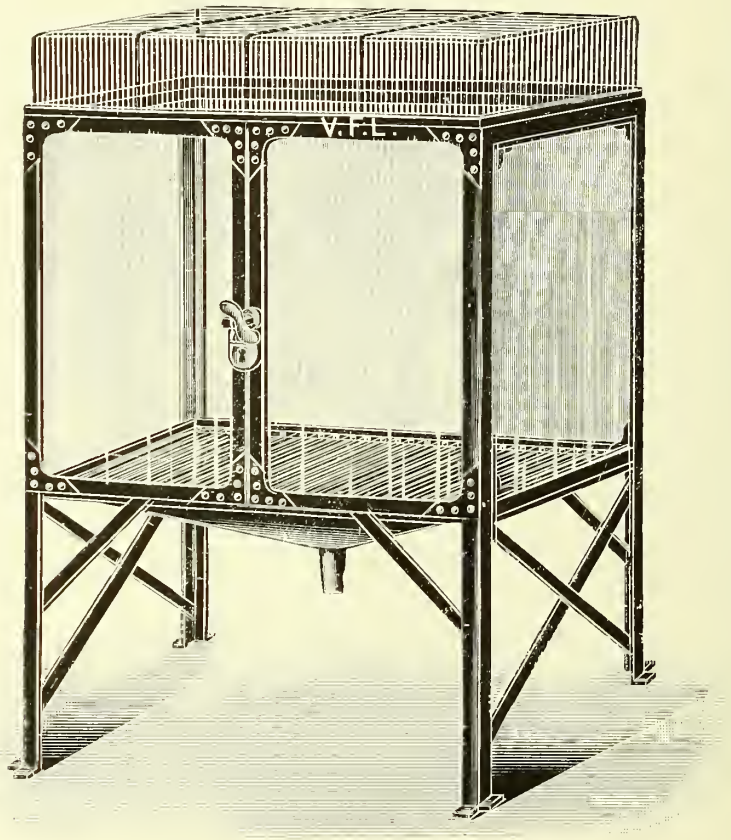
Der Stickstoffgehalt der Nahrung (Einnahmen), ferner des Kotes und des Harns (Ausgaben) wird am einfachsten mit Hilfe des Apparates 81 nach der Kjeldahl-Methode festgestellt (Abbildung Seite 9).

Der zur Ausstellung gelangte **Kjeldahl-Apparat** bildet eine stationäre Anlage für 10 gleichzeitige Stickstoffbestimmungen. Das Zersetzungsgestell ist als Abzug ausgebildet, der an die Wand angebaut wird. Vorn ist der Abzug mit aufklappbaren Eisentüren, die in Höhe der Glasapparatur Glimmerscheiben tragen, verschlossen. Im Innern befindet sich das Zersetzungsgestell mit zehn Gasbrennern zur Aufnahme von Kjeldahl-Kolben verschiedener Größe. Unter dem Zersetzungsgestell entlang führt ein Sandbad, das den Zweck hat, bei etwaigem Platzen eines Glaskolbens die ausfließende Schwefelsäure aufzufangen und unschädlich zu machen. Rechts anschließend befindet sich der stabile Tisch mit bleibeschlagener starker

Platte zur Aufnahme der Destillationsapparatur. Auch diese ist stationär auf dem Tisch befestigt und umfaßt alle zur Vornahme der Destillation erforderlichen Teile, also Brenner, Stative, Kühler, Destillationskolben, Destillationsaufsätze und Auffangkolben. Gas- und Wasserzufluß, sowie ein weiter Wasserabfluß sind auf dem Tisch vorgesehen.

Für die Ausführung der Methode vergl. P. Rona, Bestimmung des Stickstoffs nach der Methode von Kjeldahl im Band 1 des Handbuches der biochemischen Arbeitsmethoden, herausgegeben von E. Abderhalden. Daselbst ist auch ausführlich die Original-Literatur angegeben.

Zur **Bestimmung der gasförmigen Stoffwechsel-Endprodukte,** wobei es hauptsächlich auf die Bestimmung der Kohlensäure ankommt, dienen die Apparate 81—86.

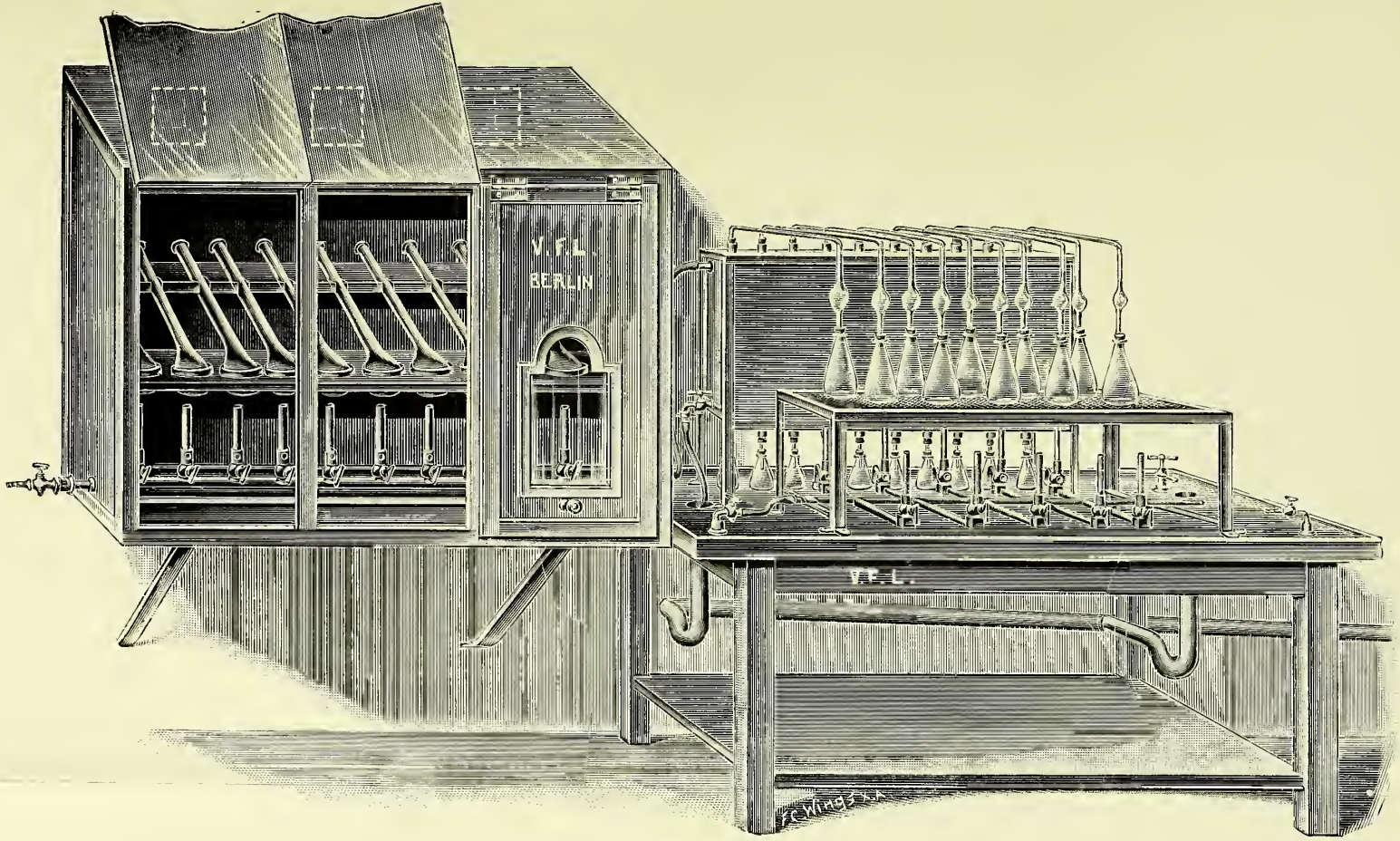


Stoffwechselkäfig.

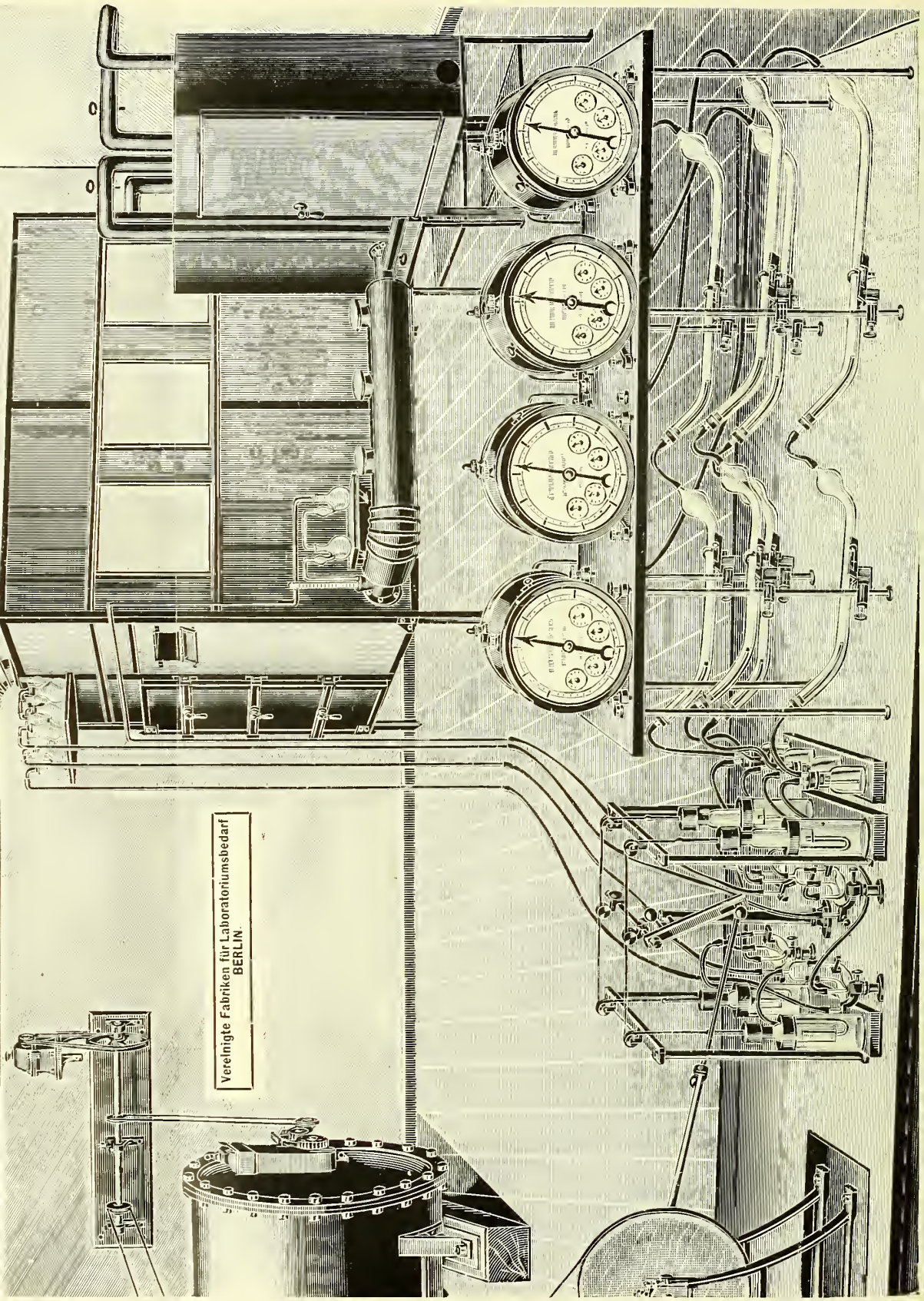
Die ausgestellten **Respirationsapparate,** System Pettenkofer und System Regnault-Reiset, die beide für langdauernde Versuche an Menschen und Tieren bestimmt sind, stellen die neuesten Modelle für die beiden gebräuchlichsten Untersuchungsmethoden dar.

Das Prinzip des Pettenkofer-Apparates beruht darauf, daß dem Versuchs-Individuum, das sich in einem hermetisch abgeschlossenen Raum befindet, durch eine motorisch bewegte Gasuhr ständig Frischluft zugeführt wird. Ihre Menge wird durch eine Gasuhr gemessen. Sie wird ebenso, wie die verbrauchte Luft, genau analysiert.

Beim Regnault-Reiset Apparat wird ein der Menge nach bekanntes **abgeschlossenes** Luftvolumen durch das ganze System hindurchventiliert, auf seinem Wege durch einen Kalilaugen-Spray (nach Angaben von Zuntz und Oppenheimer) von der Kohlensäure befreit und durch Einleiten abgewogener Mengen Sauerstoff regeneriert.



Kjeldahl-Apparat.


Vereinigte Fabriken für Laboratoriumsbedarf
BERLIN.

Der ausgestellte **Respirationsapparat,** System Pettenkofer, besteht aus einem aus genieteten und verlöteten Eisenblechplatten hergestellten, reichlich mit Fenstern versehenen Haus, in welches die links auf der Abbildung sichtbare Gasuhr, die mittels Elektromotor angetrieben wird, eine genau meßbare Menge Frischluft, die in besonderen Kästen getrocknet, bezw. gekühlt ist, eingesaugt wird. Der gleiche Motor betreibt ein Quecksilberpumpwerk, das Teilströme sowohl von der Frischluft vor ihrem Eintritt in das Haus, als auch von der Atemluft aus dem Haus entnimmt und diese Teilströme zur Absorption der Kohlensäure durch Paare von Pettenkofer-Röhren und dann durch kleinere Gasuhren zwecks Messung hindurchsaugt. Die Kohlensäure der ausgeatmeten Luft wird dann auf dem gewöhnlichen Wege durch Titration bestimmt.

Die Abbildung ist der besseren Uebersichtlichkeit wegen etwas schematisch gehalten, entspricht aber doch in allen Teilen dem ausgestellten Apparat.

Für die Ausführung der Methode vergl. Leo Langstein, Stoffwechseluntersuchungen am Säugling, im Band III des Handbuches der biochemischen Arbeitsmethoden, herausgegeben von Abderhalden.

Der **Respirationsapparat,** System Regnault-Reiset, hat wesentliche Verbesserungen durch Zuntz, Oppenheimer und Schloßmann erfahren, die in dem zur Ausstellung gelangten Exemplar bereits berücksichtigt sind*). Wir können an Hand der Buchstaben in der Abbildung hier nur eine kurze Erläuterung des Apparates geben und müssen für weitere Informationen auf die ausführliche von Zuntz und Oppenheimer (siehe Fußnote) gegebene Beschreibung verweisen. (Abbildung Seite 12 – 13.)

Der Atemkasten *G*, der zur Aufnahme des Versuchsindividuums (Hund oder Säugling) dient, wird mit dem Deckel *7* hermetisch verschlossen und durch den Flaschenzug unter den Wasserspiegel der Wanne *H* versenkt. In derselben Wanne, gleichfalls unter Wasser, befindet sich ein luftdicht verschlossenes Gefäß *D*, das aus einer besonderen, von Kalilauge nicht angreifbaren Metallegierung hergestellt ist und zur Absorption der Kohlensäure dient, ferner die Schläuche *6*, welche die Kommunikation des Atemkastens mit diesem Absorptionsgefäß vermitteln.

Die Vorrichtung der Versenkbarkeit der ganzen Apparatur in Wasser hat einen doppelten Zweck: sie dient einmal zum Temperaturausgleich aller Teile des in dem Apparat abgeschlossenen Luftvolumens; dann ist sie eine ausgezeichnete Probe darauf, ob der Apparat in allen Teilen dicht ist, weil an der kleinsten Undichtigkeit sofort Blasen aufsteigen würden.

Der oberhalb der Wasserwanne anmontierte Elektromotor *E* treibt eine kleine, aus Reinnickel hergestellte Pumpe, die in dem Absorptionsgefäß *D* einen ständigen Regen von Kalilauge hervorruft; ferner einen in *F* eingebauten Ventilator, der die gesamte in dem Atemkasten, den Verbindungsschläuchen und dem Absorptionsgefäß vorhandene Luftmenge in einer Richtung durch das System ventiliert, und schließlich einen Rührer zum Durchmischen des im Wasserkasten enthaltenen Wassers.

Die Atemluft wird im Absorptionsgefäß durch den Kalilaugenspray von der Kohlensäure befreit und aus dem Gasometer *A* mit Hilfe des Niveaugefäßes *B* unter einem auf Manometer *2* ablesbaren Druck mit abgewogenen Mengen Sauerstoff wieder angereichert. Die Sauerstoffzufuhr kann mit Hilfe der beiden Flaschen C_1 und C_2 kontrolliert werden, ferner erlauben die beiden an dem Atemkasten angebrachten Thermobarometer einen genauen

---

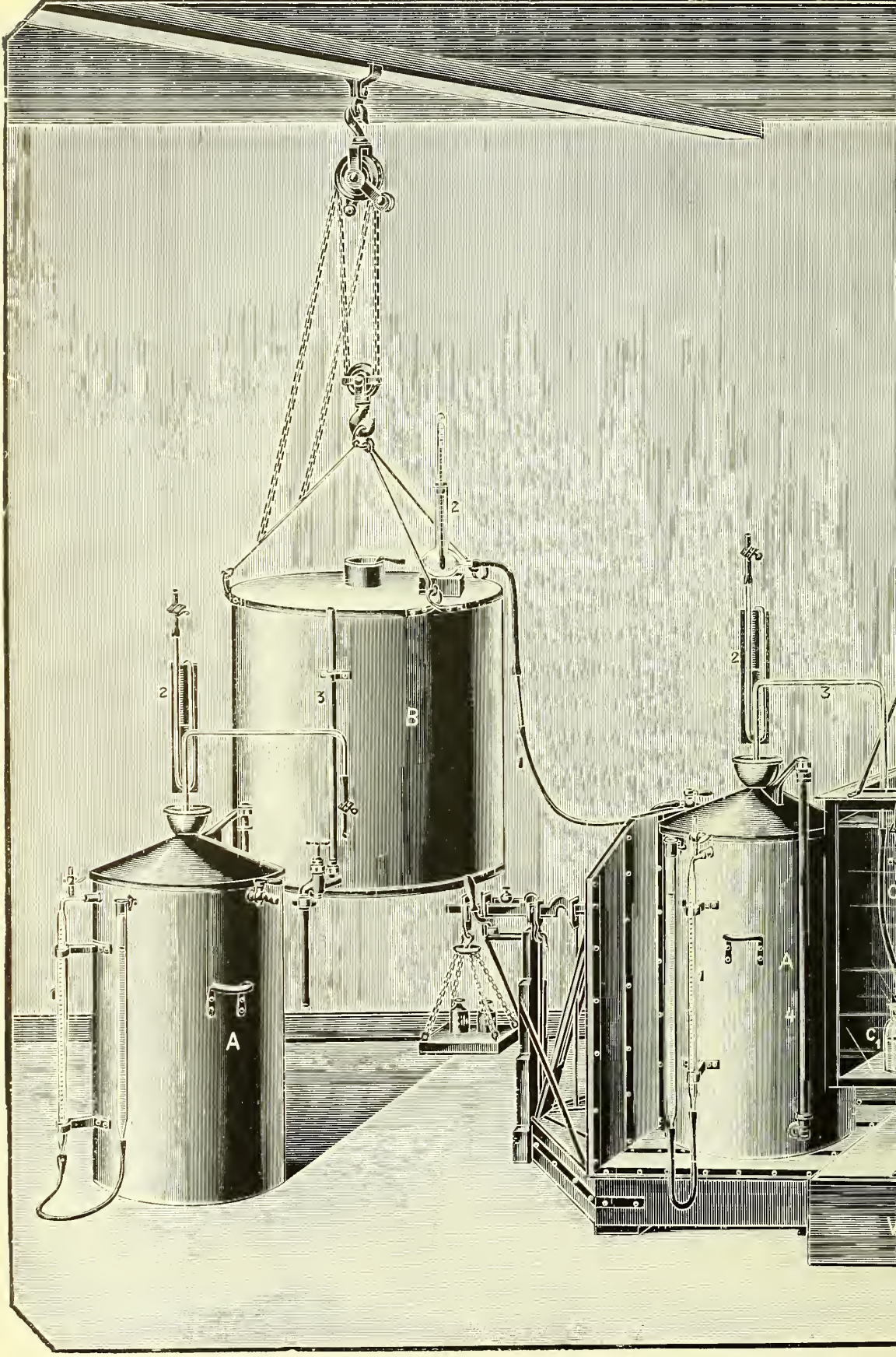
*) Zuntz und Oppenheimer: Das verbesserte Modell eines Respirationsapparates nach Regnault und Reiset, Biochemische Zeitschrift, Band 14 (1908), Seite 361.

A. Schloßmann und Hans Murchhauser: Ueber Eichung und Zuverlässigkeit des von Zuntz und Oppenheimer modifizierten Respirationsapparates, Biochemische Zeitschrift, Band 14, Seite 369.

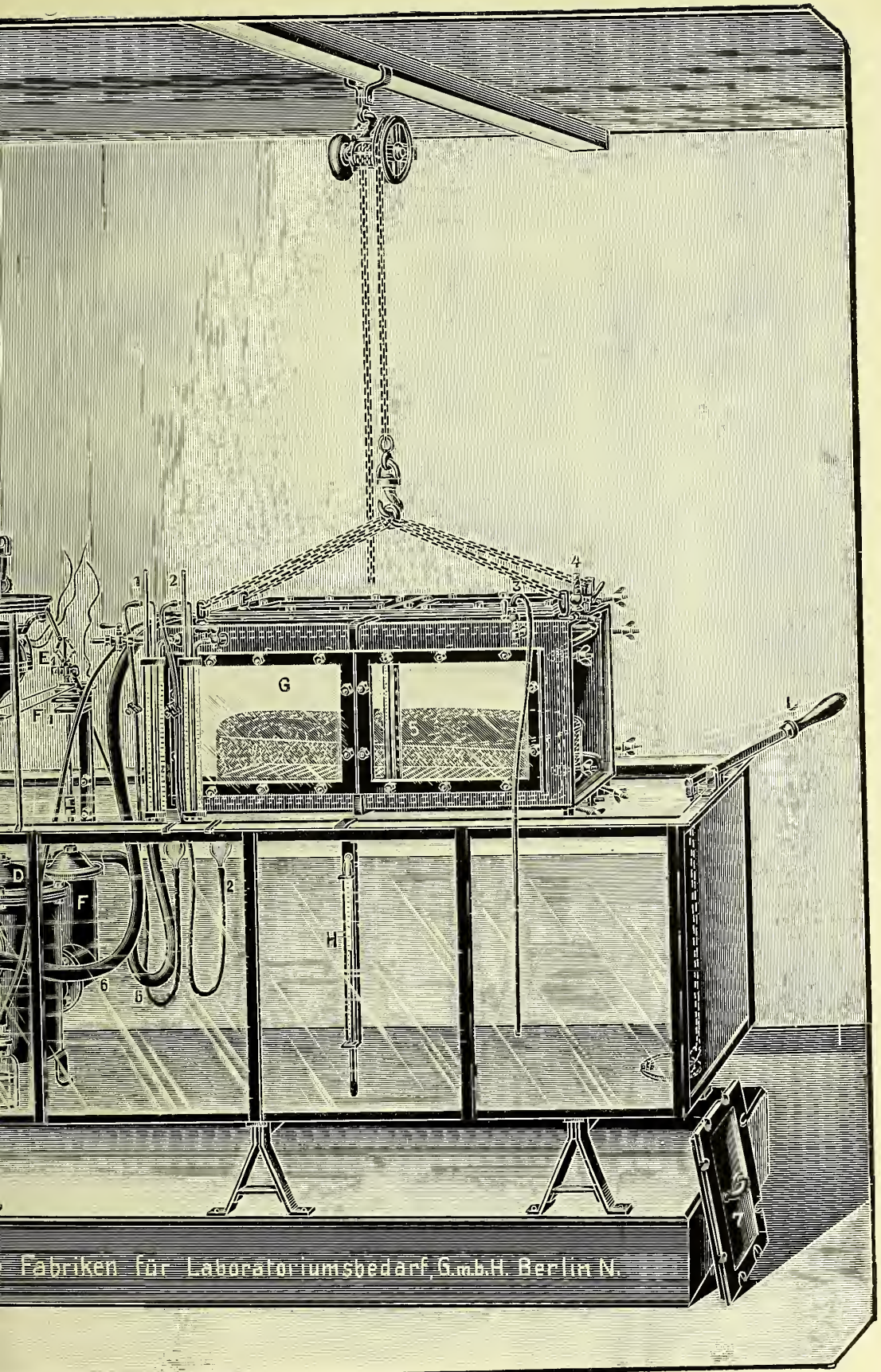
— — Ueber den Einfluß des Alters und der Größe auf den Gasstoffwechsel des Säuglings, Biochemische Zeitschrift, Band 18 (1909), Seite 499.

A. Schloßmann: Zur Frage des respiratorischen Stoffwechsels beim Säugling, Verhandlungen der Gesellschaft für Kinderheilkunde 1908, Seite 52.

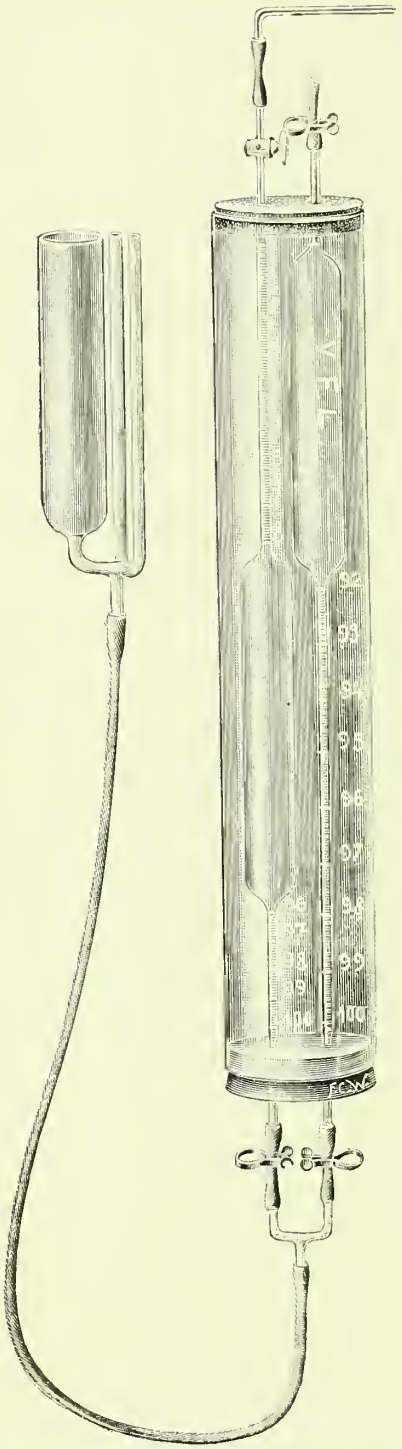
L. Langstein, Abderhaldens Handbuch der biochemischen Arbeitsmethode, Band III, 1036.



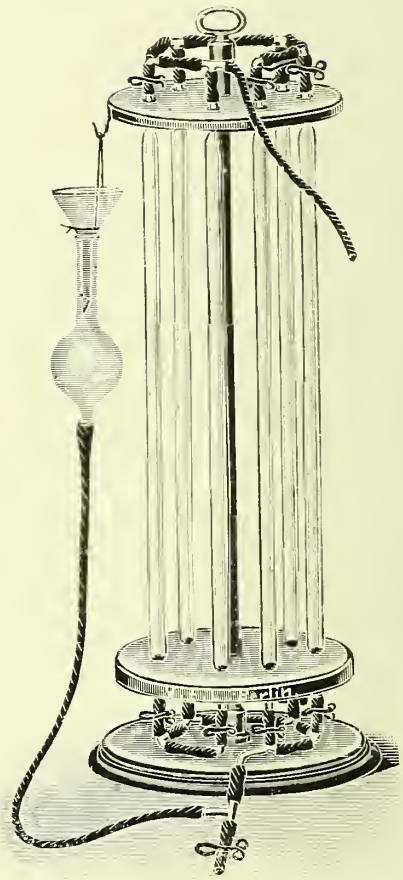
Respirationsapparat nach Regnault-R



sert von Zuntz und Oppenheimer.



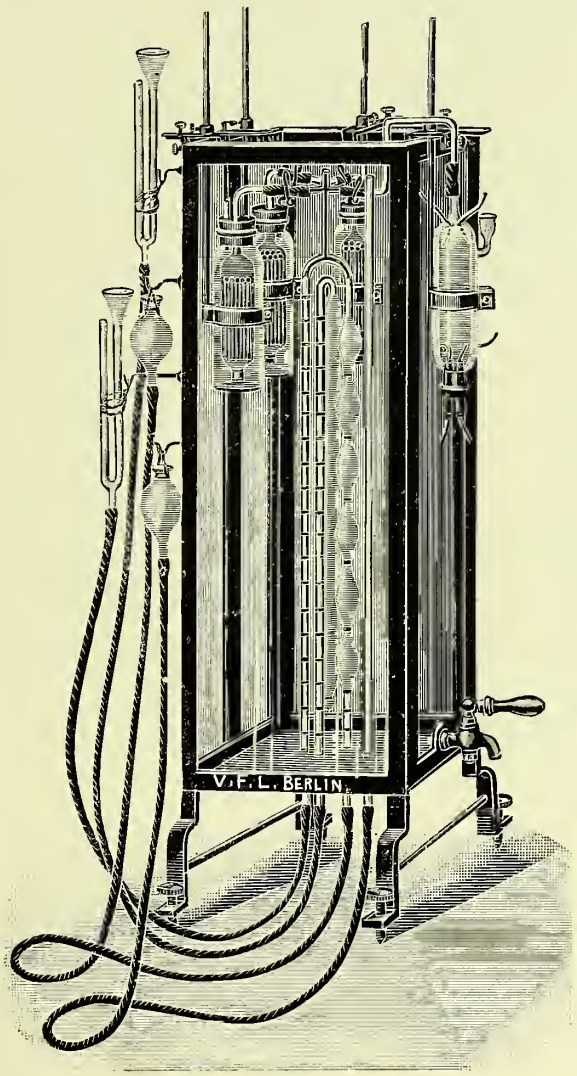
Apparat zur Analyse des hochprozentigen Sauerstoffs.



Tourniquet.

Einblick in die Druckverhältnisse der im Kasten befindlichen Atemluft, so daß bei guter Beobachtung ein Sauerstoffmangel nie eintreten kann.

Eine ganze Anzahl von Sicherheitsmaßregeln sind ergriffen, um das Versuchsindividuum augenblicklich aus jeder Erstickungsgefahr zu befreien. Der Atemkasten ist durch einen schnellaufenden Differentialflaschenzug innerhalb weniger Sekunden aus dem Wasser herauszuheben. Hahn *4* sorgt für sofortige Kommunikation des Kastens mit der frischen Luft. Beim

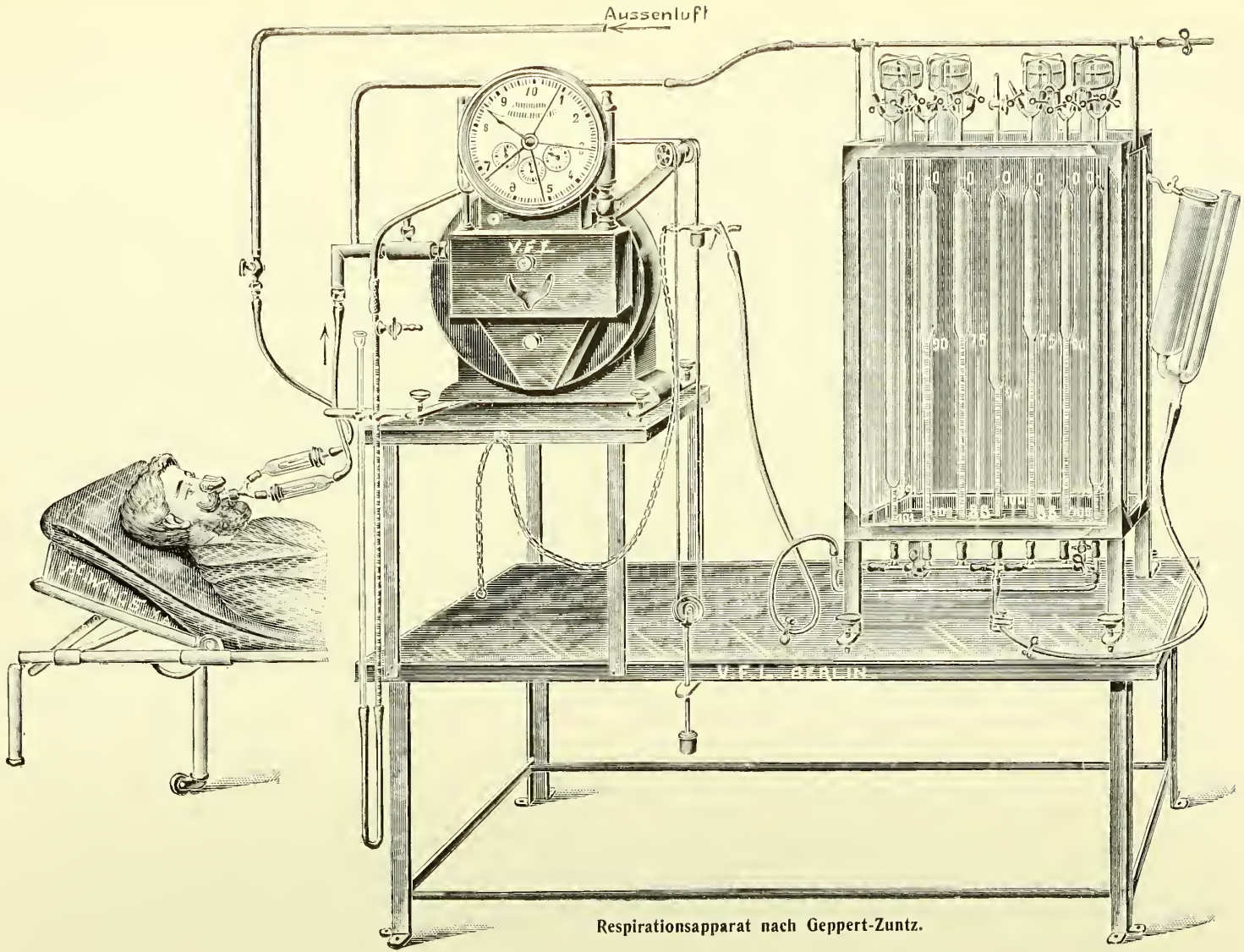


Universal-Analysenwanne.

Stehenbleiben des Motors, wodurch die Absorption der CO_2 aufhören würde, ertönt automatisch ein Klingelzeichen. Das gleiche geschieht, wenn eine Spur Wasser in den Atemkasten eintritt usw.

Diese und andere Sicherheitsmaßregeln bewirken, daß der Apparat unbedenklich z. B. für Säuglingsversuche benutzt werden kann.

Zur Information über die bisher mit dem Apparat vorgenommenen Versuche an Hunden und Säuglingen sei auf die bereits angegebene Literatur verwiesen.



Respirationsapparat nach Geppert-Zuntz.

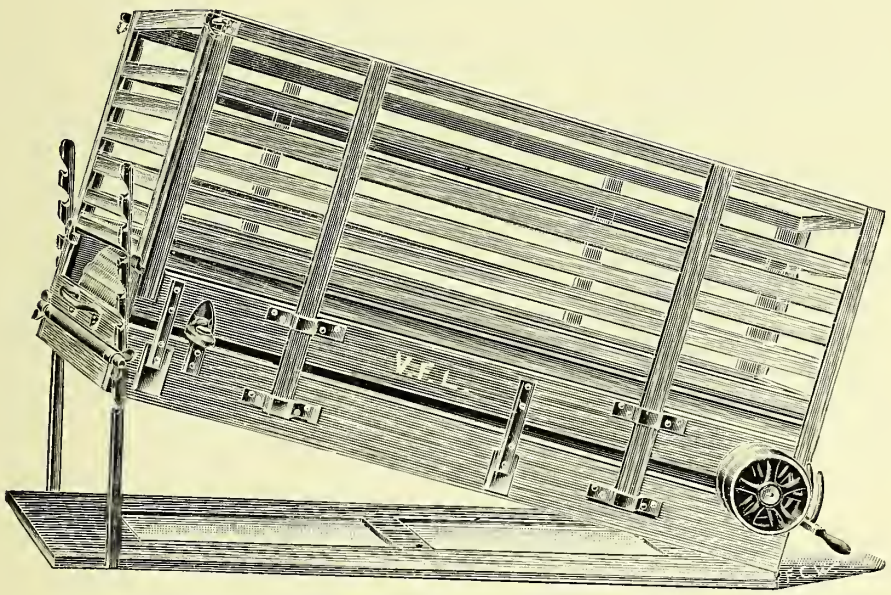
Hilfsapparate für die Versuche mit dem Respirationsapparat nach Regnault-Reiset, und zwar **Apparate zur Analyse des Sauerstoffs,** der **Kastenluft** vor und nach dem Versuch sind auf einem besonderen Tisch aufgestellt.

No. 90 zeigt einen **Apparat nach Murchhauser zur Analyse des hochprozentigen Sauerstoffs***). Der Apparat besteht aus Bürette, Thermobarometer in zylindrischem Wassergefäß und dreiteiligem Niveaugefäß. (Abbildung Seite 14.)

No. 91 ist ein drehbares Gestell (Tourniquet) mit sechs Gassammelröhren zum Auffangen der Gase über den Sperrflüssigkeiten zwecks späterer Analyse. (Abbildung Seite 14.)

No. 92 zeigt eine **Universal-Analysenwanne** nach Zuntz, die außer den üblichen Meß- und Absorptionsgefäßen noch eine Explosionspipette zur Analyse der brennbaren Gase enthält. (Abbildung Seite 15.)

Zur Vornahme von Versuchen am erwachsenen Menschen mit dem Ziel, den Lungengaswechsel zu verfolgen, ohne daß die Versuchsperson in einem besonderen Raum eingeschlossen ist, dient der **Respirationsapparat** (86) nach **Geppert-Zuntz****).



Tretbahn für Hunde.

Die Respirationswege sind direkt mit der Ventilationsleitung verbunden. Die Versuchsperson atmet durch den Mund ein und aus, wobei die In- und Exspirationsluft durch Darmventile von einander geschieden werden. Die Nase wird mittels einer starken Klemme geschlossen.

Die Exspirationsluft wird durch eine Gasuhr gemessen. Kurz vor ihrem Eintritt in die Uhr wird eine Durchschnittsprobe automatisch während der ganzen Dauer des Versuchs in eine der in der Analysenwanne befindlichen, mit Hg gefüllten Meßröhren gesogen. Aus dieser Meßröhre gelangt die Exspirationsluft zur Analyse in die in der Wanne untergebrachten Absorptionspipetten, Büretten usw. Die weitere Untersuchung geschieht nach den bekannten gasanalytischen Methoden.

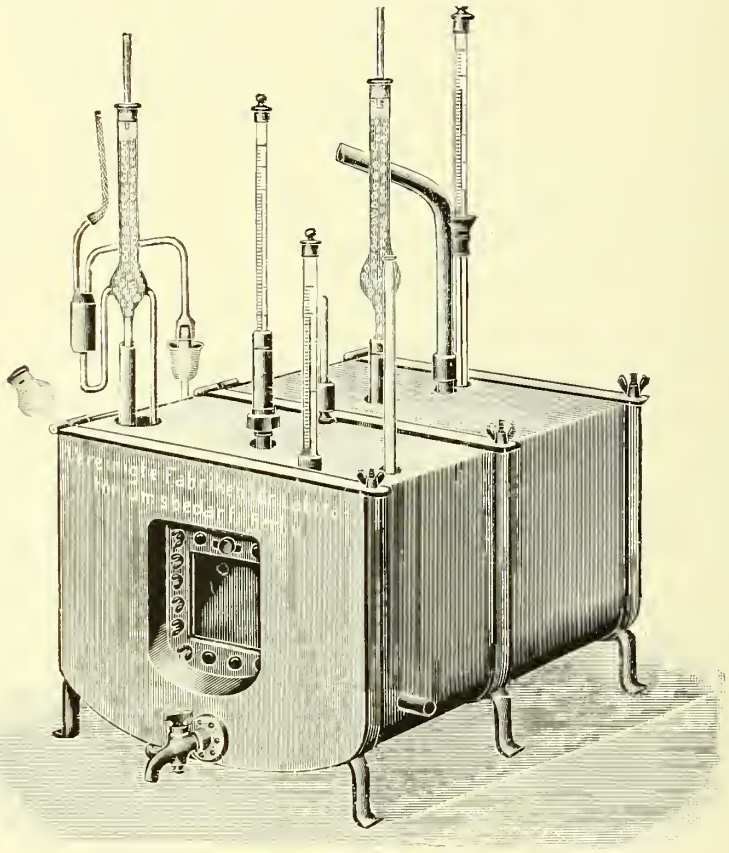
*) H. Murchhauser: Eine neue Bürette zur Analyse des hochprozentigen Sauerstoffs, Zeitschrift für angewandte Chemie 1908.

**) Geppert: Die Einwirkung des Alkohols auf den Gaswechsel des Menschen. Arch. für experimentelle Path. und Pharmazie, Bd. 22, Seite 367 (1882).

Johansson, Abderhaldens Handb. der biochem. Arbeitsmeth., Band III, Seite 1155.

Der Apparat 87 stellt eine sogenannte **Tretbahn** dar. Sie dient dazu, die Versuchstiere zu bestimmten Arbeitsleistungen zu zwingen. Das ausgestellte Modell nach Prof. C. Lehmann*) besteht im wesentlichen aus einer endlosen, starken Segeltuchleinewand, die über zwei mittels Radfahrketten verbundene Holzrollen läuft. Die Rollen werden durch einen Elektromotor in genau übereinstimmende Bewegung gesetzt.

Durch Schrägstellung des Apparates (siehe Abbildung Seite 17) kann die Tretbahn auch zur Leistung von Steigearbeit verwendet werden. Ein Tourenzähler erlaubt, die zurückgelegte Strecke zu messen.



Kalorimeter nach Rubner.

Der Apparat 88 zeigt ein **Kalorimeter nach Rubner****) für kleinere Tiere zur Bestimmung des **Energiestoffwechsels.** Die vom Tier abgegebene Energie (Wärme und Arbeit) wird gemessen. Der Apparat gehört zur Klasse der Strahlungs-Kalorimeter, weil die Wärmemenge, welche das Versuchstier abgibt, durch die Wandung des eigentlichen (innersten) Kalorimeterraumes auf das übertragende Medium ausstrahlt, dessen Temperatur möglichst konstant erhalten wird.

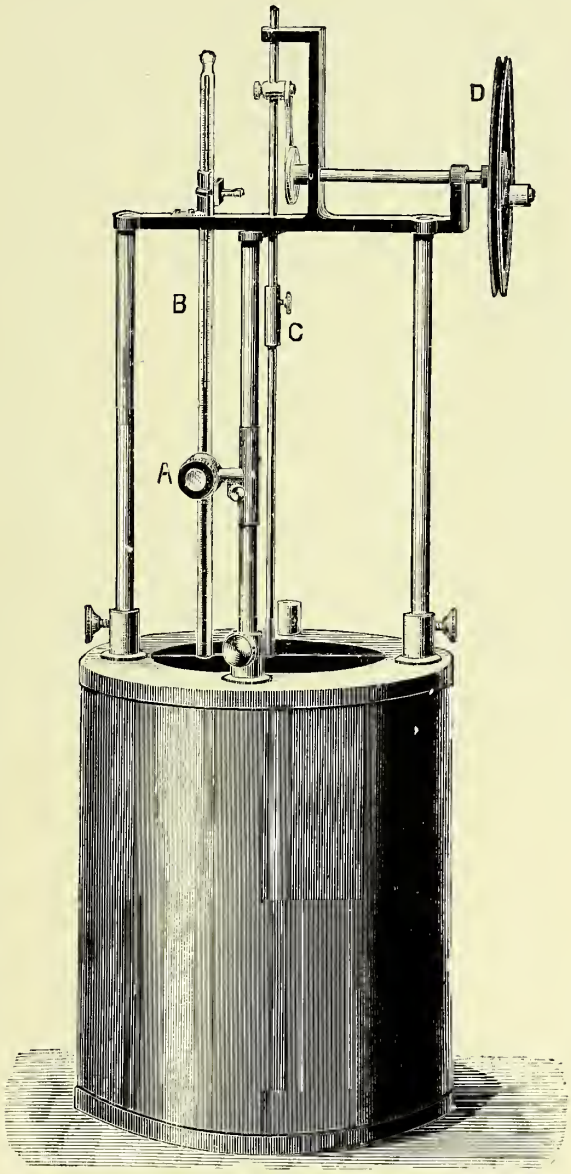
Sämtliche Teile des Kalorimeters sind aus Kupfer hergestellt. Der eigentliche Versuchsraum steht in einem Mantelraum, der mit einem Volumeter (Spirometer) in Verbindung steht.

*) M. Völtz: Gesamtstoffwechsel in Abderhaldens Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, Band III, 2, Seite 1050.

**) Rubner: Kalorimeter für physiologische u. hygienische Zwecke, Zeitschrift für Biologie, Band 25, Seite 400 (1889). Rubner: Kalorimetrische Methodik, Marburger Festschrift für Ludwig, 1890.

Er wird von einem Wasserbad umgeben, das aber nicht direkt die Wandungen des Mantelraumes umspült, sondern von diesem noch durch einen mit Luft gefüllten Isolierraum getrennt ist.

Im Wasserbad befinden sich vier Luftbehälter, die unter sich und mit einem zweiten Spirometer in Verbindung stehen. Dieses letztere Volumeter dient als Korrektionsinstrument.



Kalorimeter nach Berthelot-Mahler.

Es ist den gleichen Temperatureinflüssen unterworfen, wie das Volumeter des Mantelraumes, **mit Ausnahme** der Wärmeabgabe des Versuchstieres. Die Differenz in den Ausschlägen der beiden Spirometer muß also als Korrektur mit in Rechnung gestellt werden, wobei aber zu beachten ist, daß die Luftmenge des Mantelraumes und die des mit dem Korrektionsvolumeter in Verbindung stehenden Luftbehälters ungleich groß ist, so daß also noch eine zweite Korrektur eintreten muß.

Der ausgestellte Apparat kann gleichzeitig als **Respirations-Kalorimeter zur Verfolgung des Gasstoffwechsels** benutzt werden. Die Einrichtungen, die denen beim Pettenkoferschen Apparat im Prinzip gleichen, sind in der Abbildung nicht noch einmal wiedergegeben.

Apparat 89 ist ein **Kalorimeter nach Berthelot-Mahler** und dient dazu, die Menge der Kalorien sowohl der Nahrungsstoffe (Einnahmen) als auch der Ausscheidungen zu bestimmen.

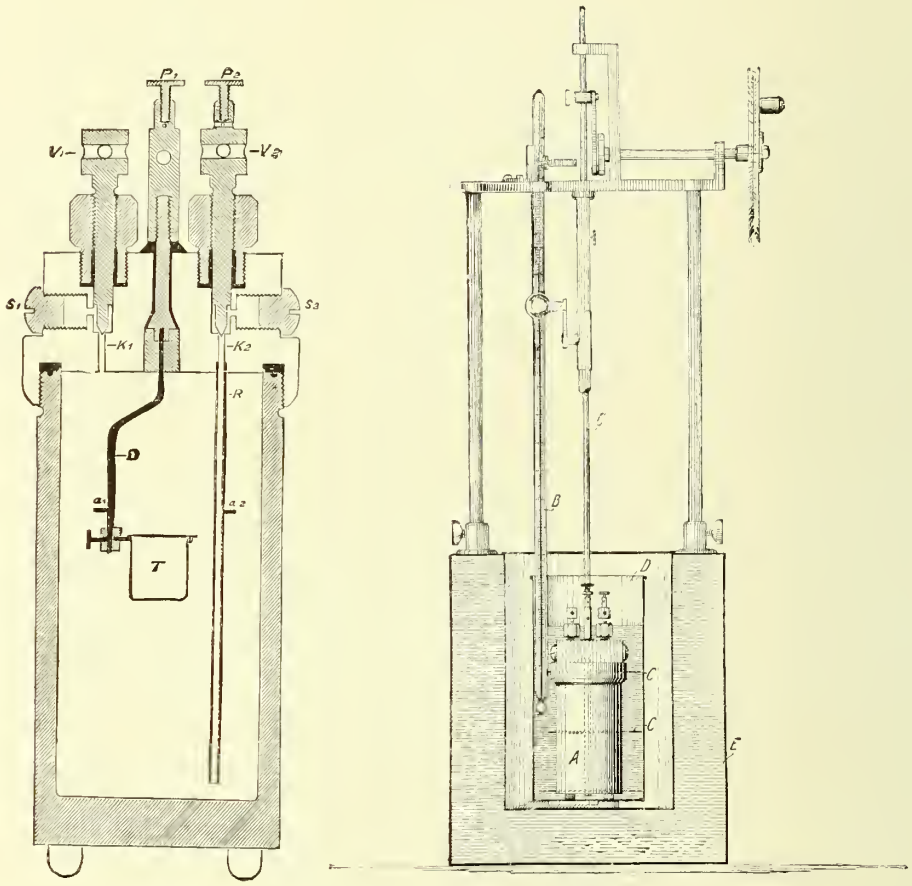
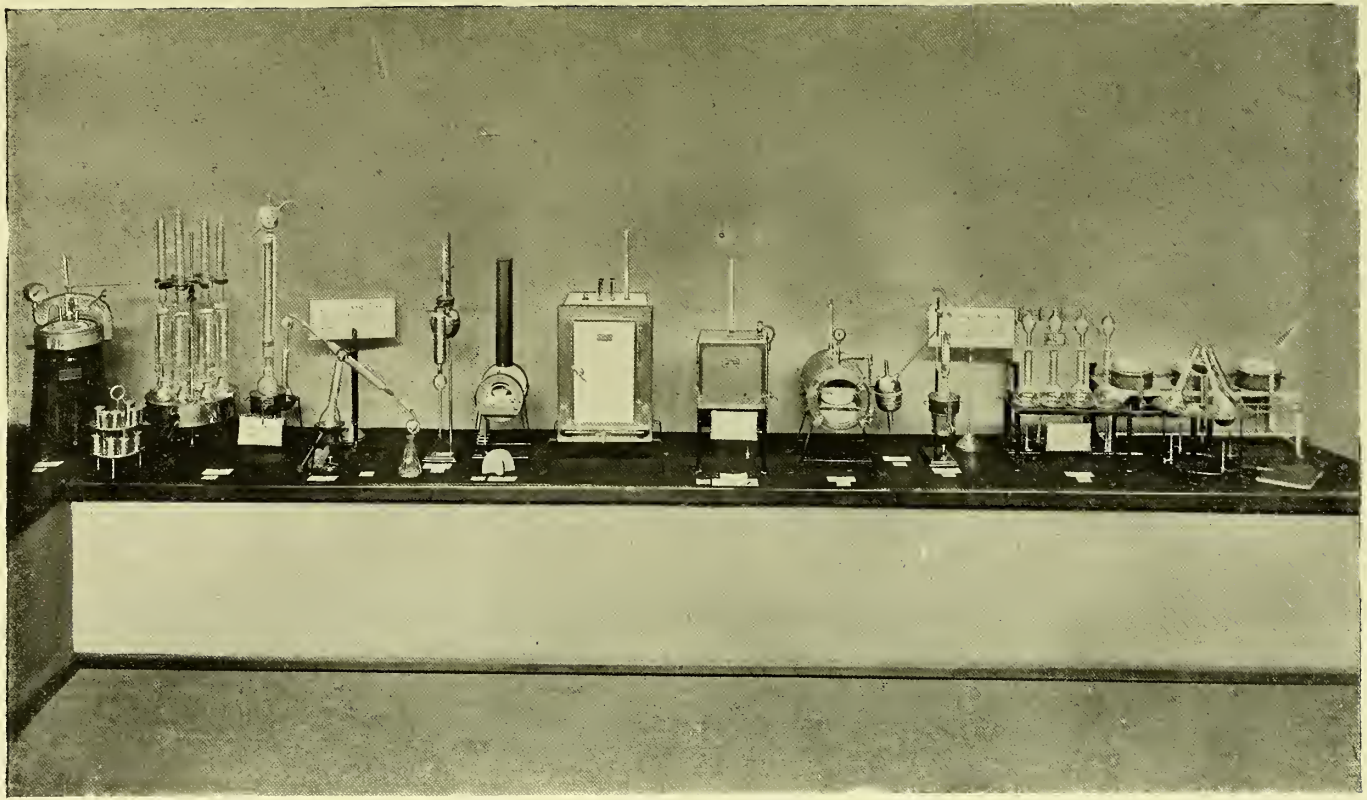


Abb. a. Abb. b.

Kalorimeter nach Berthelot-Mahler.

Die zu untersuchenden Nahrungsstoffe, mittels einer Presse in Pastillenform gebracht, werden in einer Metallbombe (siehe Abb. a) durch einen elektrisch glühend gemachten Platindraht in einer Sauerstoffatmosphäre verbrannt. Die Bombe steht in einem Wasserbad, das die durch die Verbrennung erzeugte Wärmemenge aufnimmt (Abb. b). Aus der an einem feinen Thermometer ablesbaren Wärmezunahme des Wassers und dem kalorimetrischen Wasserwert des Kalorimetergefäßes kann dann die spezifische Wärme der verbrannten Substanz leicht berechnet werden.

Zur näheren Information verweisen wir auf die Abhandlung: Kalorimetrische Verbrennung von P. Hari und St. Weiser in Abderhaldens Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, Band 1, Seite 658.



Apparate zur Untersuchung der Einnahmen und Ausgaben des tierischen Organismus auf die einzelnen Bestandteile.

Um quantitative Stoffwechseluntersuchungen durchführen zu können, ist es notwendig, die Einnahmen und die Ausgaben nach mannigfachen Richtungen genau zu analysieren. Je nach der Art der Fragestellung kommen ganz verschiedene Methoden in Betracht. Bald genügt die Kenntnis des Stickstoffgehalts der Einnahmen und der Ausgaben, oder es ist auch nur der Energieinhalt von Interesse, bald wünschen wir die Beteiligung jedes einzelnen Nahrungsstoffes am Stoffwechsel zu kennen. In vielen Fällen interessiert uns in erster Linie die Frage nach der Ausnutzung der einzelnen Nahrungsstoffe im Magendarmkanal. Wir wollen wissen, wieviel von den zugeführten Stoffen resorbiert, d. h. von der Darmwand aufgenommen worden sind. In diesem Falle werden wir ganz besondere Sorgfalt auf die Analyse des Kotes legen.

Einige Apparate, die zur genauen **Analyse der Einnahmen und Ausgaben** dienen, sind auf dem Wandtische links vom Haupteingang aufgestellt. Die Apparate sind nach den zu untersuchenden Stoffen geordnet. Zunächst sehen wir einen **Autoklaven** (93), der **zur Spaltung der Stärke** dient. Aus den entstehenden Spaltprodukten (Traubenzucker) berechnen wir dann den Gehalt an Stärke. Dann folgt ein **Extraktionsapparat** (94) zur **Bestimmung von Fett.** Dieses wird mit einem geeigneten Lösungsmittel ausgezogen (Aether, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff). Zur **Bestimmung des Stickstoffgehaltes** dient der **Kjeldahl-Apparat** (95). Wir bestimmen im allgemeinen nicht das Eiweiß als solches, sondern berechnen den Eiweißgehalt aus dem gefundenen Stickstoffwert.

Die genannten Apparate gestatten die **Analyse der organischen Bestandteile** der Nahrung. Ebenso sehr wie diese interessieren uns die **anorganischen Nahrungsstoffe,** wie **Sauerstoff, Wasser** und die **Aschenbestandteile (Salze).** Ueber die Bestimmung des Gases **Sauerstoff** haben wir schon bei der Besprechung der Stoffwechselapparate das Wichtigste vernommen. Das **Wasser** bestimmen wir durch die Feststellung des Gewichtsverlustes beim Trocknen des Nahrungsstoffes oder Nahrungsmittels (96). Die **Aschenbestandteile** erhalten wir, wenn wir den Nahrungsstoff verbrennen und so alles Organische wegschaffen (97). Die einzelnen Elemente werden dann mit Hilfe ganz besonderer analytischer Methoden festgestellt. Die Veraschung kann auch auf feuchtem Wege erzielt werden.

Nun folgen einige Apparate, die speziell zur **Untersuchung der Ausscheidungen** eingerichtet sind. Da sehen wir einen **Vakuumapparat,** der zur **Trocknung des Kotes** bestimmt ist (98). Dann folgt ein **Stuhlsieb** (99). Mit diesem entfernen wir gröbere Bestandteile, z. B. Haare. Für die **Fettbestimmung** (100) und für die **Bestimmung des Stickstoffgehaltes** (101) sind keine besonderen Apparate notwendig. Im ersteren Falle verwenden wir auch einen Extraktionsapparat und im letzteren einen Kjeldahl-Apparat.

Den Schluß der Ausstellung bildet ein Laboratoriumstisch. Auf ihm finden wir die **Gewinnung von Aminosäuren aus Eiweiß** dargestellt. Es sind alle einzelnen Operationen wiedergegeben. Der Eiweißkörper wird zunächst durch Kochen mit Säuren vollständig in seine einfachsten Spaltstücke zerlegt (108). Der Eiweißkörper geht hierbei in Lösung. Diese wird nun unter stark vermindertem Druck eingedampft (103). Nun beginnt die **Veresterung** der **Aminosäuren.** Wir übergießen den Rückstand, den wir beim Eindampfen erhalten haben, mit Alkohol und leiten in diesen trockene gasförmige Salzsäure (104). Hierbei gehen nun die Aminosäuren in ihre salzsauren Ester über. Um aus diesen die **freien Ester** zu erhalten, verdampfen wir die salzsäurehaltige, alkoholische Lösung wieder unter vermindertem Druck bis zum Sirup. Nun binden wir die Salzsäure z. B. mit Natronlauge. Die freien Ester fangen wir in Aether auf. Schließlich salzen wir den Rest der freien Ester mit Kaliumkarbonat aus (105). Den Aether trocknen wir mit Magnesiumsulfat und destillieren ihn dann ab. Nun beginnt die Hauptarbeit und das wesentliche der von Emil Fischer erdachten Methode. Die Aminosäureester sind zum größten Teil Flüssigkeiten. Sie lassen sich destillieren. Die einzelnen Aminosäureester haben einen verschiedenen Siedepunkt. Diesen Umstand benutzen wir, um die verschiedenartigen Aminosäuren zu trennen. Wir **destillieren die Ester unter vermindertem Druck** und bei **verschiedener Temperatur** (106). Die höher siedenden Amino-

Apparate zur Darstellung von Aminosäuren aus Eiweiß mittels der Estermethode von Emil Fischer.

säureester würden sich bei einem Druck von ca. 10 mm zersetzen, weil die Siedetemperatur eine schon sehr hohe ist. Wir bestreben uns deshalb, unter noch geringerem Druck zu destillieren. Das erreichen wir mit der von Wohl und Losanitsch erdachten Pumpe (107). Sie beruht im Prinzip auf der Eigenschaft der Tierkohle, bei tiefer Temperatur Luft zu absorbieren. Zur Abkühlung benützen wir flüssige Luft (108). Nun sind die einzelnen Aminosäureester gesammelt. Wir erhalten aus ihnen die **freien Säuren,** indem wir sie mit Wasser kochen (109) und dann die Lösung einengen (110). Bald scheiden sich die schwerer löslichen Aminosäuren ab. Wir nutschen die Kristalle ab (111) und engen die Mutterlauge weiter ein. Eine wesentliche Arbeit ist noch zu tun, nämlich die Trennung und Identifizierung der einzelnen Aminosäuren. Hierzu sind besondere Methoden erdacht.

Weitere Einzelheiten über die Grundlagen der einzelnen Ausstellungsobjekte finden sich in:

Emil Abderhalden, Lehrbuch der physiologischen Chemie, 2. Aufl., Urban & Schwarzenberg, Berlin-Wien 1908 (deutsch, englisch und russisch).

Emil Abderhalden, Neuere Ergebnisse der Eiweißchemie, Gustav Fischer, Jena 1909.

Emil Abderhalden, Die Bedeutung der Verdauung für den Zellstoffwechsel, Urban & Schwarzenberg, Berlin-Wien 1911. Preis Mk. 1,—.

Emil Abderhalden, Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, 5 Bände, Urban & Schwarzenberg, Berlin-Wien 1910/11.

Emil Abderhalden, Biochemisches Handlexikon, 7 Bände, J. Springer, Berlin 1910/11.

Emil Abderhalden, Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung, Urban & Schwarzenberg, Berlin-Wien 1910/11 und folgende Jahre.

OTTO ELSNER, BERLIN S.